

Behovsstyring forbedrer varmepumpe 30%



Vagn Tanderup har videreudviklet sit jordvarmeanlæg til en kompakt skabsmodel med selvregulerende behovsstyring.

Fieldtest af dansk jordvarmepumpe, som er udviklet med støtte fra Energistyrelsen viser årsnyttevirkning tæt på 4.

■ Af Vagn Tanderup, Salling Vaske- og Køleservice og Claus S. Poulsen, Teknologisk Institut

Varmepumperne er gennem årene blevet betydeligt mere effektive, men de fleste effektivitetsforbedringer er spist op af stigende elpriser. Alligevel har anvendelsen af varmepumper til individuel opvarmning aldrig været mere attraktiv end den er i dag. Med indførelsen af nye reguleringsstrategier er der gjort endnu et kæmpeskridt i den rigtige retning.

Allerede i dag ses inden for de såkaldte luft/luft anlæg (splitunits) en udbredt anvendelse af behovsstyring og flere udviklingsprojekter gennemført de seneste år i DK viser at teknologien ligeledes med fordel kan an-

vendes i andre typer varmepumper.

Behovsstyring/-modulerende regulering

Begrebet behovsstyring dækker over en reguleringsform, hvor den aktuelle ydelse tilpasses det aktuelle behov. Dette er i princippet alle reguleringsformers hovedformål, men her løses opgaven med udgangspunkt i, at kompressorydelsen reguleres efter det aktuelle behov.

Der ses i dag en stadig større interesse for denne type regulering, specielt ses mindre kompressorer til bl.a. husholdningsapparater, der kan omdrejningsreguleres. En af de store fordele ved denne reguleringsform er naturligvis at ved delast, hvor der køres ved reduceret omdrejningstal, hæves fordampningstemperaturen og tilsvarende vil kondenseringstemperaturen falde. Dette vil alt andet lige hæve anlæggets effektivitet. Desuden undgås de energikrævende start og stop af kompressoren. Samtidig er denne styringsform meget effektiv til at tilpasse fremløbstemperaturen efter ude- og/eller indetemperaturen, hvorved der aldrig køres med højere fremløbstemperatur end absolut nødvendig.

Af erfaring ved vi at mange varmepumpeanlæg kører med for høj fremløbstemperatur i forhold til hvad der ville være nødvendig ved pågældende udetemperatur og vel vidende at hver 1°C højere fremløbstemperatur koster ca. 1-3% mere i el-forbrug. Så alene på denne konto ligger der, med den nye styring, en stor el besparelse.

Årsnyttevirkning tæt på 4

Senere i nærværende artikel be-

skrives nogle forsøg i henholdsvis Adsbøl og Kolding hvoraf det fremgår at der kan arbejdes med relative lave fremløbstemperaturer i store dele af fyringssæsonen, uden det går ud over komforten, men med en stor forøgelse af årsnyttevirkningen til nær ved 4 (årsnyttevirkning = afgivet varmemængde/tilført el-energi). Så høj en årsnyttevirkning har hidtil været næsten umulig at opnå under danske forhold.

Teknologien kan i princippet anvendes på alle typer af varmepumper, uafhængigt af systemopbygning. Desuden er teknologien yderst interessant også inden for køleteknologien, hvor erfaringer fra projektet direkte vil kunne anvendes.

Energistyrelsens UVE-program

Som nævnt er den teknologiske udvikling af varmepumper inden for de seneste år gået stærkt også i Danmark. Med støtte fra Energistyrelsens Udviklingsprogram for Vedvarende Energi har Teknologisk Institut / Prøvestationen for Varmepumpeanlæg gennemført en række udviklingsprojekter, som har gavnet den samlede branche.

Senest gennemførte projekt med støtte fra Energistyrelsen handlede om demonstration af behovsstyring af varmepumper. Dette projekt havde deltagelse af Teknologisk Institut i Taastrup, Lodam Elektronik A/S i Sønderborg og Salling Vaske- og Køleservice i Skive.

Projektet var anden fase i udviklingen af optimal styring og regulering af varmepumper, og målinger på to installationer viser, at det er muligt at opnå

årsnyttevirkninger for væske/vand varmepumper på op mod 4. Dette er op mod 30% bedre end det, der i dag opnås i praksis med traditionelle varmepumper. Årsnyttevirkningen er defineret som forholdet mellem afgivet varmeenergi og totalt tilført el-energi over en periode på ét år.

For den pågældende varmepumpe er der gennem en periode på ét år foretaget målinger, som fremgår af **figur 1**.

For denne varmepumpe er der ligeledes foretaget en analyse af fordelene ved behovsstyring (**tabel 2**). Denne analyse er foretaget ved at sammenligne to ens uger, én hvor der blev kørt traditionelt on/off og én uge hvor anlægget blev reguleret efter det aktuelle behov:

Det ses af tabel 2 at der trods et mindre behov og dermed faldende belastning faktisk er opnået en forbedring i effektiviteten på ca. 22% i den uge hvor der blev anvendt behovsstyring sammenlignet med den uge, hvor anlægget blev styret traditionelt.

Dimensionering

Ved dimensionering af varmepumpeanlæg med behovsstyring er det vigtigt at fastlægge husets dimensionerede varmetab, så varmepumpens reguleringsområde svarer til henholdsvis husets min. varmebehov 1. oktober samt maksimalt varmebehov medio februar. Det er af stor betydning for driftsøkonomien, at varmepumpen så vidt muligt kører uafbrudt fyringssæsonen igennem (så få start stop som muligt).

Erfaringer fra de tre forsøgsanlæg har vist at man typisk overdimensionerer varmepum-

Korrigerede måleresultater – VP2	
måleresultater korrigeret for varmetab	
Totale energimængder for hele måleperioden for VP2	
Periode start	Uge 39 - 2001
Periode slut	Uge 38 - 2002
Korrigeret totalt afgivet energi	18587 kWh
Målt tilført el til varmepumpe	4945 kWh
Målt tilført energi fra jordslange	13642 kWh
Totalt nyttevirkning	3.76 (-)

Figur 1: Korrigerede måleresultater – behovsstyret varmepumpe

Målinger	Uge 46/2001 behovsstyret	Uge 46/2002 reference on/off
Middel udetemperatur i periode	4,8°C	4,7°C
Solkorrigerede graddage	68 graddage	83 graddage
Middel brinetemperatur, indløb (ved drift)	7,3°C	7,4°C
Middel fremløbstemperatur radiatorer (ved drift)	37,0°C	40,7°C
Afgivet varmemængde	596,2 kWh	645,2 kWh
Tilført elenergi	169,5 kWh	224,4 kWh
Tilført fra jordslange	495,7 kWh	517,0 kWh
Energinyttevirkning	3,52 (-)	2,88 (-)
Kompressor relativ on-tid	73,0%	48,9%

Tabel 2: Sammenligning af behovsstyring og on/off-drift



Prototypen på den behovsstyrede, modulerende varmepumpe ses her før opstillingen ved den gennemførte fieldtest. Danfoss har til projektet specialudviklet en frekvensomformer til direkte montering på den sugegaskølede Bitzer stempelkompressor. Foto: Vagn Tanderup.

peanlæggene udfra de gamle kriterier "at varmepumpen skal være stor nok" til at klare ekstra kolde vinterdage. Dette er en dødssynd ved den frekvensregulerede / behovsstyrede varmepumpe, da den hellere skal dimensioneres "for lille" i forhold til standard kriterier (max. varmetab v.- 12°C og fast 50 Hz. på kompressoren).

På den frekvensregulerede varmepumpe har vi et meget mere fleksibelt kapacitetsområde der typisk går fra ca. 25-70 Hz afhængig af kompressorfabrikat og model.

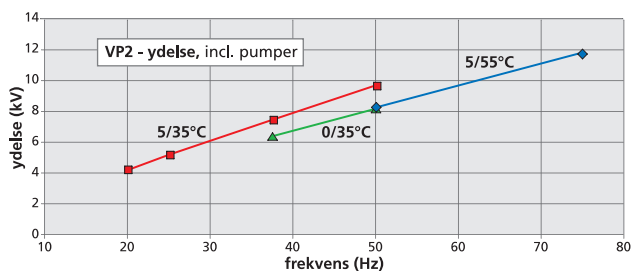
Figur 3 er fra Adsbøl anlæget, der ud fra laboratoriemåln-

ger har et reguleringsområde fra ca. 4 til 12 kW varmeydelse startende ved 4 kW v. 20 Hz (5/35°C), 8,3 kW v. 50 Hz (5/55°C) og slut ved 12 kW v. 75 Hz (5/55°C).

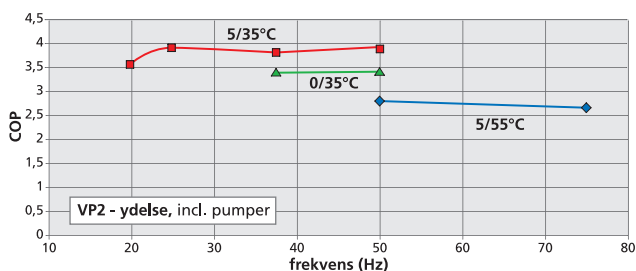
Ud fra dette eks. fremgår, at der kan hentes 3,7 kW eller ca. 30% i "overdrive området", (området over 50 Hz.) hvilket eliminerer behovet for overdimensionering og ekstra el-varmelegeme når man beregner ud fra nominal kapacitet ved 50 Hz.

COP/Nyttevirkning

Figur 4 viser varmepumpens COP ved forskellige omdrejningstal og driftsbetingelser.



Figur 3: Laboratiormålinger på frekvensreguleret varmepumpe – varmeydelse ved forskellige omdrejningstal og betingelser



Figur 4: Varmepumpens COP ved forskellige omdrejningstal og driftsbetingelser

Som det fremgår af figuren begynder kurven ved en COP på 3,5 ved 20 Hz og stiger til 3,9 ved 25 Hz og herefter forbliver kurven stort set vandret til 55 Hz for derefter at falde svagt hen imod 75 Hz. Eksemplet viser at der er god økonomi i at køre op i overdrive området frem for at montere hjælpevarmelegeme.

Ved at dimensionere mindst 10% under standardkriterier opnår man yderligere at varmepumpen allerede i begyndelsen af fyringssæsonen kører kontinuerlig drift. Figuren viser ligeledes at der er god økonomi i at holde jordslangetemperaturen så høj som muligt og fremløbstemperaturen så lavt som muligt.

Økonomi

Ved fremstillingen af de to prototyper varmepumper samt den tredje varmepumpe til Kolding Kommune har Salling Vaske- og Køleservice registreret en direkte merudgift på ca. 15% til fremstilling af de tre varmepumper ved indførelse af den nye teknologi.

Udgifterne fordeler sig til: Lodam print til styring, Danfoss frekvensomformer samt udskiftning af eksisterende HFI relæ til en AC/DC følsom fejlstrømsrelæ (Siemens, Schneider, Bender eller lignende). Det må formodes at denne merudgift kan reduceres væsentlig ved indkøb til serieproduktion, så prisstigningen andrager mindre end 10% af varmepumpeanlæggets samlede pris.

Eksempel – varmepumpe i Adsbøl

Varmebehov
 = 30.693 kWh/år
 30693 kWh x 1,36 kr/kWh
 = 41.742,- kr årlig v. el-opvarmning
 30693 kWh/8,5 kWh/l olie x 5,50 kr/l olie.
 = 19.860,- kr.årlig v. olicopvarmning.
 30693 kWh/3.76 (årsnyttevirkning) x 1,36 kr/kWh.
 = 11.102,- kr. årlig v. varmepumpe (behovst).
 30693 kWh/3 x 1,36 kr/kWh.

= 13.914,- kr. årlig v. varmepumpe (0n/off).

Eksemplet viser en besparelse på 2.812,- kr. årlig ved behovstyring frem for on/off drift.

Beregningerne er baseret på målinger foretaget på VP2 i Adsbøl under field test uge 46/2001 til uge 46/2002 (se figur 2).

Der findes i dag tilgængelige komponenter på markedet til behovsstyring.

Den i projektet anvendte elektronik til selve kompressorreguleringen (frekvensomformer) er leveret af Danfoss og er i princippet en standardkomponent. Varmepumpens hovedstyring er nyudviklet og indeholder styringsstrategier for alle varmepumpens hovedkomponenter (kompressor, pumper, AKV-ventil, brugsvandsstyring etc.). Styringen leveres i dag af Lodam Elektronik A/S i Sønderborg.

Hvad betyder behovsstyringen for varmepumpeanlæggets miljøbelastning?

En årsnyttevirkning på 4 vil betyde en besparelse i CO₂ udledningen på ca. 65% i.f.t. opvarmning med direkte el og en besparelse i CO₂ udledningen på ca. 50% i.f.t. opvarmning med olie. Altså en klar gevinst for miljøet.

Andre anlæg i drift

En direkte udløber af førnævnte udviklingsprojekter er at varmepumper (jordvarme) med behovstyring i dag er kommercielt tilgængelige. Med erfaringerne fra de to prototyper i frisk erindring producerer og sælger Salling Vaske- og Køleservice i Skive i dag varmepumper med denne teknologi.

Et af disse anlæg er solgt til Kolding Kommune og opstillet i



Claus S. Poulsen, civilingeniør ved Teknologisk Institut.

en skovbørnehave hvor anlæget nu starter på 2. fyringssæson. Resultatet herfra er endnu ikke helt færdiganalyseret men olieforbruget har i den pågældende institution ligget på ca. 2200 l olie/ årligt de foregående 3 år, en udgift på ca. 12.000 kr. hvori- mod der i fyringssæsonen okt. 2002 til juni 2003 blev brugt 3.750 kWh x 1,10 kr. = 4125,- kr. Indetemperaturen har iflg. personalet været den samme eller bedre.

Fremtiden for behovsstyring

På baggrund af disse gunstige erfaringer har Salling Vaske- og Køleservice udviklet en helt ny model, der ventes fremstillet i to størrelser (ca. 6 kW og 8,5 kW nominel effekt) med indbygget fremløbskompensation for ude- og indetemperatur til opnåelse af bedst muligt driftsøkonomi.

Der er ligeledes gjort flere forsøg med forskellige kompressor- typer, da alle kompressorer ikke

er lige velegnet til hastighedsregulering. Det skal her fremhæves at Danfoss og Bitzer i Tyskland har været særdeles behjælpelig med levering og modifikation af kompressorer specielt efter vore ønsker.

Andre trends – nye kølemidler

I nær fremtid skønnes "nye" kølemidler at ville få en voldsom (og positiv) indflydelse på varmepumpernes effektivitet. CO₂ som i flere udviklingsprojekter har været prøvet i varmepumper ser ud til at have de forventede fordele. Og med de seneste tiltag på komponentsiden vil CO₂ i ganske nær fremtid blive et almindeligt kølemiddel i denne anlægstype.

Netop i varmepumper og i særdeleshed i brugsvandvarmepumper vil CO₂ med fordel kunne anvendes. Her er det nemlig muligt at udnytte det temperaturglid, der kan opnås i gaskøleren. Herved kan der, af-

hængig af driftskonditionerne, opnås virkningsgrader for varmepumpen med CO₂, der er væsentlig bedre end for traditionelle varmepumper. Eksempelvis er der for en udeluftstemperatur på 2°C og en fremløbstemperatur på vandet fra varmepumpen på 65°C for CO₂ beregnet en forbedring i kølesystemets virkningsgrad (COP) på ca. 48% sammenlignet med R134a.

For varmepumper, der alene anvendes til rumopvarmning er gevinsten en del mindre, men også her betragtes CO₂ som et interessant alternativ til HFC-kølemidlerne.

Beregningerne viser, at ved udeluftstemperatur på 2°C og en fremløbstemperatur på vandet fra varmepumpen på 35°C fås for CO₂ et fald i kølesystemets virkningsgrad (COP) på ca. 12% sammenlignet med R134a. Beregnes tilsvarende for en udeluftstemperatur på 2°C og en fremløbstemperatur på vandet fra varmepumpen på

55°C fås for CO₂ en forbedring i kølesystemets virkningsgrad (COP) på ca. 27% sammenlignet med R134a. Netop sidstnævnte driftstilstand er interessant ved rumopvarmning, da mange driftstimer i fyringssæsonen er ved disse forhold.

Yderligere information:

Ønskes yderligere information omkring CO₂ i varmepumper henvises til www.teknologisk.dk/varmepumpeinfo hvor der kan findes yderligere oplysninger.

På denne side kan rapporter fra de tidligere beskrevne projekter ligeledes findes.

Kontakt til artiklens forfatter:

Vagn Tanderup
Salling Vaske- og Køleservice
Tlf.: 9752 6819
post@vagtanderup.dk
Claus S. Poulsen
Teknologisk Institut
Tlf.: 7220 2514
claus.s.poulsen@teknologisk.dk